动 物 学 研 究 2001, Feb. 22 (1): 64~68 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

脂质营养对中华绒螯蟹幼体肝胰腺超微结构的影响

江洪波 陈立侨[①] 周忠良 温小波
(华东师范大学生物系 上海 200062)

摘要：采用透射电镜技术研究了中华绒螯蟹（*Eriocheir sinensis*）各期幼体肝胰腺的超微结构。结果表明，蟹的肝胰腺腺管上皮由 E、F、B 和 R 4 种细胞组成，其中 E 细胞为胚胎细胞，能分化成其他 3 种细胞；B、R 和 F 细胞均呈高柱状，管腔面有发达的微绒毛，基底部有基膜，呈明显的极性分布；B 细胞粗面内质网丰富，胞质中有 1~2 个大液泡，起分泌作用，属全泌型；F 细胞内含发达的粗面内质网，还可见酶原颗粒；R 细胞胞质中有丰富的滑面内质网、游离的核糖体和脂肪滴，主要起贮存养分的作用。细胞间的连接有紧密连接和中间连接 2 种方式。与脂质营养缺乏时相比，脂质营养充足的幼体其肝胰腺超微结构有如下特点：R 细胞胞质中有较多的脂肪滴，线粒体呈饱满的圆形或椭圆形，且膜未见有内陷或萎缩；滑面内质网膨胀成小泡状结构。

关键词：中华绒螯蟹幼体；肝胰腺；超微结构；营养状况
中图分类号：Q959.223⁺.63，Q493.5 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853(2001)01-0064-05

肝胰腺为十足目甲壳动物消化系统的重要组成部分，其主要功能是合成与分泌消化酶、吸收并贮存营养物质(Gibson *et al*.,1979)。80 年代以来，一些学者相继对甲壳动物如对虾和锯缘青蟹(*Scylla serrata*)的肝胰腺超微结构进行了研究(Al-Mohanna *et al*., 1985a; Caceci *et al*., 1988; Abubakr *et al*., 1992; Mikami *et al*., 1994; 李富花等, 1998)，旨在通过对肝胰腺结构的了解，进一步探讨它与营养物质的吸收、代谢及有关生理功能之间的联系。Vogt *et al*.(1985)和成永旭等(1998)还分别研究了饥饿对南美白对虾(*Penaeus vannamei*)与锯缘青蟹幼体肝胰腺超微结构变化的影响。对于我国的重要经济甲壳动物中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*，河蟹)肝胰腺的研究，迄今仅见王巧伶(1994)和堵南山等(1992)初步报道了成蟹及幼体肝胰腺的组织学结构。此外，成永旭等(2000)研究了雌蟹在卵巢不同生长发育期肝胰腺 R 和 F 细胞的超微结构。然而有关河蟹幼体肝胰腺细胞的超微结构，及脂质营养对其超微结构变化影响的研究，尚未见报道。本文采用透射电镜技术研究了在不同的脂质营养状况下幼体肝胰腺细胞的超微结构，以期为河蟹幼体培育过程中判定幼体的营养状况提供基础资料。

1 材料与方法

实验于 1998 年 3~7 月在上海农科院金蟹水产研究所进行。实验用溞状幼体由同一个抱卵蟹孵化而来，生物饵料褶皱臂尾轮虫（*Branchionus plicatilis*）用面包酵母（baker's yeast）培养。轮虫营养强化剂（50DE-G 型）购自山东海洋水产研究所。试验分 2 组进行：处理组采用经脂质强化后的轮虫喂养，对照组投喂仅以酵母培养的轮虫，密度均为 40 只/mL，待幼体发育至溞状Ⅲ期后统一改投卤虫无节幼体。

透射电镜样品的制作过程如下：先取各期幼体于双筒解剖镜下分离出肝胰腺，再分别置于 2.5% 戊二醛和 1% 锇酸中双重固定，梯度浓度酒精脱水，丙酮转换，618 环氧树脂包埋，醋酸铀和柠檬酸铅双重染色，日产 JEM-100CX 透射电镜观察并拍照。

收稿日期：2000-07-05；修改稿收到日期：2000-10-24
基金项目：国家自然科学基金（No.39770578）资助项目；教育部"跨世纪优秀人才培养计划"资助项目；上海市"曙光计划"项目（No.975G06）基金资助项目
①通讯作者。E-mail：lqchenc@online.sh.cn

2 结果

2.1 投喂脂质强化轮虫后河蟹幼体肝胰腺的超微结构

各期幼体的肝胰腺均为中肠的突出物，由2条盲管组成，自胃与中肠之连接处的背侧发出。从溞状Ⅰ期幼体（Z_1，其余类推）发育至大眼幼体（megalopa，M）的过程中，尽管肝胰腺管长度明显增加，但腺管上皮在形态和结构上并无大的差异。每条肝胰腺管的外表面都可见横纹，管壁均由位于基膜上的单层柱状上皮细胞紧密排列构成。根据细胞的形态结构和功能的不同，腺管上皮细胞可分为E、R，F和B细胞4种。

2.1.1 细胞构成 E细胞：分布在肝胰管的盲端。细胞呈多边形，核质比例大，核呈圆形或卵圆形，核仁1~2个，有时能见到正处于分裂状态的细胞核。胞质中的线粒体（Mi）小，呈球形或棒状，嵴少，有的呈空泡状；粗面内质网（Rer）多分布于近细胞膜处，比较发达，还可见较多的小液泡（vacuole，V）散布于胞质中（图版Ⅰ1）。

B细胞：分布于肝胰腺管的近端，形状不规则，有一个非常明显的核仁，有时可见双核并存，双核中有各自的核仁（图版Ⅰ2）。同F和R细胞一样，近管腔面有发达的微绒毛（microvilli，Mv），微绒毛中有胞质和微丝。胞质中的线粒体（Mi）大，数量较多，呈卵圆形；粗面内质网（Rer）平行排列，非常丰富，其间还分布有大量的游离核糖体；高尔基体呈球形，由排列较为整齐的扁平膜囊堆叠在一起构成，有时可见酶原颗粒分布在附近。胞核与微绒毛之间有许多大小不一的液泡（V），观察处于分泌期的B细胞有1~2个大液泡，且多数大液泡中含有不定形的絮状物质，有的则呈空泡状。在细胞的顶端可观察到胞饮泡周围的致密细胞质和小线粒体共同组成的顶体复合物，并可见B细胞顶部发生溶解，分泌泡正通过微绒毛处的质膜将分泌物排至管腔中（图版Ⅰ3）。

R细胞：细胞呈高柱状，核大而圆，位于略近基膜处的中部，核仁1~2个，非常明显。同B细胞一样，管腔面分布有排列整齐而发达的微绒毛，微绒毛基部的胞膜处还可见小的吞噬泡（图版Ⅰ4）。胞质中粗面内质网和游离核糖体较F细胞要少，但滑面内质网（Ser）比较发达，平行排列在核的周边，有的则膨大为潴泡状（图版Ⅰ5）；线粒体（Mi）数量较多，多分布于核的顶端，呈圆形、卵圆形或棒状，嵴发达。此外，还有一个较为明显的特征，就是含有较多的大小不一的脂肪滴（lipid droplet，Li）及内含不定形物质的小液泡（图版Ⅱ1）。

F细胞：形状与R细胞相似，且常相邻而存在。整个细胞染色较R细胞要深，其细胞结构同R细胞大致相同，二者的不同之处在于F细胞中粗面内质网非常发达，有的甚至膨大成管状。平行排列也较紧密，游离的核糖体数量相当多，分布范围较广；有时可见酶原颗粒分布在细胞的顶端，从而导致细胞的电子密度较低，观察时较R细胞要暗。与R细胞相比所含的脂肪滴（Li）数量相对较少。

2.1.2 细胞连接 上述4种细胞紧密排列在基膜上，彼此间通过细胞侧面连接在一起，共同构成一个环形的腺管壁。在电镜下可见有2种连接方式：①紧密连接（tight junction，Tj），相邻2个细胞的质膜紧靠在一起，中间没有空隙，粘着非常牢固。但这种连接方式并不很多见，主要见于相邻细胞的近顶端处，它能把相邻细胞间的空隙与腺管腔隔离开来（图版Ⅰ3）。②中间连接（intermediate junction，Ij），又称粘着带（adhesion belt），位于紧密连接的下方，相邻细胞间形成一个连续的带状结构。在相邻细胞近基膜处，可见细胞之间有15~20 nm的空隙（图版Ⅰ6）。中间连接较多见，为肝胰腺细胞之间的主要连接方式。本实验未发现有半桥粒与桥粒等连接方式。

2.2 不同处理饵料对幼体肝胰腺超微结构变化的影响

各期幼体肝胰腺的细胞结构基本相同，但比较处理组与对照组幼体肝胰细胞超微结构发现，其R细胞超微结构发生了显著的变化。主要表现为：未经脂质营养处理组的幼体R细胞许多部位出现萎缩，线粒体较小，膜向内塌陷（图版Ⅱ5、图版Ⅱ6为对照）；胞质中未见或仅有少量脂肪小滴出现（图版Ⅱ1，图版Ⅱ2为对照），而脂质强化试验组的幼体R细胞中细胞核圆而明显，线粒体呈较饱满的卵圆形，内质网膨胀成小的泡状结构而分散分布于细胞质中。此外还可见R细胞与F细胞的连接发生裂解，使相邻的质膜有相互融合的现象（图版Ⅱ3，图版Ⅱ4为对照）。

3 讨论

3.1 肝胰腺上皮细胞的结构与功能

有关十足类甲壳动物肝胰腺细胞构成的问题，60年代 Stainer *et al*. (1968) 和 Bunt (1968) 分别研究了普通滨蟹 (*Carcinus maenas*) 和克氏原螯虾 (*Procambarus clarkii*) 肝胰腺的超微结构，结果证实了肝胰腺有4种细胞、即E细胞、R细胞、F细胞和B细胞。此外，Al-Mohanna *et al*. (1985b) 还在短沟对虾 (*Penaeus semisulcatus*) 肝胰腺中观察到M细胞 (Moltic cell)。本研究表明，河蟹各期幼体 ($Z_1 \sim Z_5$, M) 发育过程中，肝胰腺管的长度有明显增加、但细胞构成相同，且各幼体期的肝胰腺超微结构基本相似。与 Caceci *et al*. (1988) 和邱高峰 (1997) 分别对南美白对虾 (*Penaeus vannamei*) 和日本沼虾 (*Macrobrachium nipponense*) 的研究结果相吻合。此外，本研究未发现有M细胞，这可能与甲壳动物的种属差异有关。

4种细胞的生理功能各异。E细胞是一种胚胎细胞，能通过细胞分裂并逐渐形成其余3种细胞；R细胞有一些与物质的合成与储存功能相适应的结构，如脂肪滴、含颗粒的液泡等；F细胞有发达的粗面内质网，胞质中有大量的分泌颗粒、主要功能是合成各种消化酶；而B细胞中具大液泡、丰富的粗面内质网和游离核糖体，且大液泡中含有大量的无定形絮状物质，除了能进行物质合成之外、主要是起分泌作用(Caceci *et al*., 1988; Abubakr *et al*., 1992; Mikami *et al*., 1994; 李太武, 1996; 邱高峰, 1997; 李富花等, 1998)。关于B细胞的分泌类型，已有的报道显示了在甲壳动物十足类中存在着一定的种属差异。Gibson *et al*. (1979) 认为龙虾 (*Homarus gammarus*) 的肝胰腺B细胞为全泌型，而螯虾和哲蟹 (*Menippe rumphii*) 的B细胞则属顶泌型(Lozzi, 1971)。Caceci *et al*. (1988)根据对细胞间的连接部位能见到融合现象，进而推测南美白对虾的肝胰腺B细胞属于全泌型，但在管腔中并未发现有残余的细胞核。通过观察河蟹B细胞微绒毛与液泡的变化情况，作者认为其分泌方式为全泌型。

4种细胞之间的分化序列问题一直是颇有争议的。目前已被广泛接受的一种观点是 Hirsch 和 Jacobs 在1930年提出的，认为E细胞是分化的起点、且朝两个方向分化：①先分化为F细胞，再转化为B细胞；②分化为R细胞、后来许多学者的研究结果也证实了这一点。本实验发现处于非分泌期的B细胞与F细胞，其结构上的相似性和功能上有一定的连续性，与上述观点是一致的。而另一种分化序列模式则主张E细胞先分化为R细胞，再转化为F细胞，最终形成B细胞(Caceci *et al*., 1988)。

李太武(1996)研究了三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)肝胰腺细胞的超微结构发现，细胞间的连接方式主要有中间连接和紧密连接2种，此外B细胞的微绒毛侧面之间靠半桥粒(semi-desmosome)加以连接，Caceci *et al*. (1988)对南美白对虾肝胰腺的超微结构研究后发现间隙连接(gap junction)是细胞最常见的连接方式，此外还有零散分布的紧密连接。本研究虽然观察到河蟹幼体肝胰腺细胞间的连接方式有紧密连接(Tj)和中间连接(Ij)2种、但并未发现间隙连接和微绒毛侧面之间的半桥粒结构。从功能上看，这2种连接方式都有利于保持肝胰管及其上皮细胞的正常形态和结构。此外，紧密连接将管腔与细胞侧面间的空隙隔离开来，有利于维持上皮细胞内环境的稳定。而中间连接则能沟通B细胞、F细胞和R细胞间的侧向通信联系。

3.2 脂质营养对幼体肝胰腺R细胞超微结构的影响

Al-Mohanna *et al*. (1986)对短沟对虾的研究结果表明，B细胞大液泡中内含物的量与质的不同能反映机体对饵料的利用程度。Storch *et al*. (1984)分别以含蔗糖、脂肪、蛋白质等营养成分为主的几种饵料，投喂经饥饿7 d的斑节对虾(*Penaeus monodon*)稚虾，发现不同的营养物质对肝胰腺R细胞超微结构的影响极为明显，其中投喂含脂质的饵料组中，R细胞胞质中有许多小型的电子半透明脂肪滴分散分布。Vogt *et al*. (1985)通过研究斑节对虾，认为中肠腺(即肝胰腺)可作为对饵料营养价值优劣的监测器官，而R细胞在超微结构上的变化能反映饵料营养价值的高低，并指出脂肪是对虾体内贮存能量的重要形式。成永旭等(1998)研究了饥饿对锯缘青蟹溞状I期幼体肝胰腺超微结构的影响，结果表明，饥饿条件下幼体肝胰腺与摄食时相比，细胞内部结构发生了明显的变化，如线粒体呈解体的趋势，微体颗粒也发生了相应的变化，围食膜增厚等。

对河蟹幼体来说，不同脂质营养处理后产生明显变化体现在其R细胞超微结构。当脂质营养较丰富时，R细胞线粒体呈饱满的卵圆形或圆形，很少见到其表面内陷。同时，胞质中的脂肪滴数量明显增多，内质网发生膨胀成泡状结构，散布于胞质中。相比之下，在脂质营养缺乏的条件下，幼体肝胰腺R细胞胞质中未见有脂肪滴或数量非常少。可见河蟹

幼体肝胰腺R细胞中的脂肪滴及线粒体的变化同幼体的营养状况关系十分密切。

十足目甲壳动物肝胰腺主要功能是吸收并贮存营养物质，其中脂类营养在其幼体物质代谢和能量代谢中占重要地位。脂类的吸收、利用及贮存均是在肝胰腺中完成，一部分脂类（如中性脂肪）主要为机体生命活动提供能量和构成细胞组分，而暂时富余的一部分则以脂肪滴的形式贮存于细胞质中，对于营养状况良好的甲壳动物而言，其肝胰腺细胞中有一定数量及大小的脂肪滴存在于细胞质中。生长实验表明，试验组幼体总脂含量约为对照组的2倍，发育至第一期仔蟹的存活率也有显著提高（陈立侨等，2000）。可见在甲壳动物幼体生长、发育过程中，饵料中补充足量的脂类营养是必要的。本研究中，投喂未经脂质强化的轮虫后早期溞状幼体肝胰腺R细胞中极少见到有脂肪滴，这是由于轮虫是以不含脂质的面包酵母来喂养的，导致轮虫体内总脂含量较低以及某些高不饱和脂肪酸（HUFA）特别是EPA和DHA的缺乏，从而影响了机体内正常的脂类代谢，这说明面包酵母培养的轮虫在河蟹幼体发育过程中其营养价值难以满足幼体的营养需要。

肝胰腺R细胞差异表现较为明显的是后期幼体，而不是早期幼体。推测是由于肝胰腺可在较短的时间内吸收营养物质，除一部分营养物质用于供应能量以外，更重要的是作为结构脂类参与细胞的合成代谢，以完成幼体正常的变态发育。这也印证了早期幼体所摄取的脂类营养对后期幼体生长和发育具有一定的影响。

图 版 说 明

图版Ⅰ（Plate Ⅰ）

1. 溞状Ⅰ期幼体（强化组），示E细胞的核（N）、核仁（Ni）、内质网（Er）和小液泡（V）[E cell of zoea Ⅰ (enrichment group), showing nucleus (N), nucleolus (Ni), endoplasmic reticular (Er), and vacuole (V)] × 8 000
2. 溞状Ⅳ期幼体（强化组），示B细胞中的双核（N）、微绒毛（Mv）、液泡（V）和内质网（Er）[B cell of zoea Ⅳ (enrichment group), showing double nucleus (N), microvilli (Mv), vacuole (V), and endoplasmic reticular (Er)] × 6 700
3. 溞状Ⅴ期幼体（强化组），示B细胞顶端开始解体，内容物正释放至管腔，示微绒毛（Mv）、破裂的液泡（V）、细胞的紧密连接（Tj）[B cell of zoea Ⅴ (enrichment group), showing microvilli (Mv), collapsed vacuole (V), tight junction (Tj)] × 8 000
4. 溞状Ⅳ期幼体（强化组），示R细胞顶端的吞噬泡（空心箭头）、微绒毛（Mv）[R cell of zoea Ⅳ (enrichment group), showing phagosome (blank arrow), microvilli (Mv)] × 8 000
5. 大眼幼体（强化组），示R细胞中核（N）、内质网（Er）和线粒体（Mi）[R cell of megalopa (enrichment group), showing nucleus (N), endoplasmic reticular (Er), and mitochondria (Mi)] × 8 000
6. 大眼幼体（强化组），示细胞间连接方式——中间连接（Ij）[megalopa (enrichment group), showing intermediate junction (Ij)] × 6 700

图版Ⅱ（Plate Ⅱ）

1. 溞状Ⅳ期幼体（强化组），示R细胞的核（N）、核仁（Ni）、脂肪滴（Li）、液泡（V）、泡状滑面内质网（Ser）和线粒体（Mi）[R cell of zoea Ⅳ (enrichment group), showing nucleus (N), nucleolus (Ni), lipid droplet (Li), vacuole (V), smooth endoplasmic reticular (Ser), and mitochondria (Mi)] × 14 000
2. 溞状Ⅳ期幼体（对照组），示R细胞的核（N）、核仁（Ni）、线粒体（Mi）和滑面内质网（Ser）[R cell of zoea Ⅳ (control group), showing nucleus (N), nucleolus (Ni), mitochondria (Mi) and smooth endoplasmic reticular (Ser)] × 20 000
3. 溞状Ⅲ期幼体（对照组），示R细胞与F细胞间质膜发生溶解[zoea Ⅲ (control group), showing collapsed cell membrane between R cell and F cell] × 20 000
4. 溞状Ⅲ期幼体（强化组），示R细胞的线粒体（Mi）和R细胞与F细胞之间的中间连接（Ij）（空心箭头）[zoea Ⅲ (enrichment group), showing mitochondria of R cell (Mi), and intermediate junction between R cell and F cell (Ij) (blank arrow)] × 27 000
5. 溞状Ⅲ期幼体（强化组），示R细胞的微绒毛（Mv）、线粒体（Mi）、脂肪滴（Li）和液泡（V）[R cell of zoea Ⅲ (enrichment group), showing microvilli (Mv), mitochondria (Mi), lipid droplet (Li) and vacuole (V)] × 20 000
6. 溞状Ⅲ期幼体（对照组），示R细胞的微绒毛（Mv）、线粒体（Mi）[R cell of zoea Ⅲ (control group), showing microvilli (Mv) and mitochondria (Mi)] × 20 000

参 考 文 献

Abubakr M A, Jones D A, 1992. Functional morphology and ultrastructure of the anterior mid-gut diverticulae larvae of *Penaeu monodon* Fabricius, 1798 (Decapoda, Natantia) [J]. *Crustaceana*, 62(2): 142 - 158.

Al-Mohanna S Y, Nott J A, Lane D J W, 1985a. M-midgut cells in hepatopancreas of *Penaeus semisulcatus* (Crustacea, Decapoda) [J]. *Crustaceana*, 48: 260 - 268.

Al-Mohanna S Y, Nott J A, Lane D J W, 1985b. Mitotic E and secretary F-cells in the hepatopancreas of the shrimp *Penaeus semisulcatus* (Crustacea, Decapoda) [J]. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 65: 901 - 910.

Al-Mohanna S Y, Nott J A, 1986. B-cells and digestion in the hepatopancreas of *Penaeus semisulcatus* (Crustacea, Decapoda) [J]. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 66: 403 - 414.

Bunt A H, 1968. An ultrastructural study of the hepatopancreas of *Procambarus clarkii* (Giard) (Decapoda, Astacidea) [J]. *Crustaceana*, 15: 282 - 283.

Caceci T, Neck K F, Lewis D H *et al*, 1988. Ultrastructure of the hepatopancreas of the Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei* (Crustacea, Decapoda) [J]. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 68: 323 - 337.

Chen L Q, Jiang H B, Zhou Z L *et al*, 2000. Effects of ω-3HUFA on survival rate and body fatty acids composition of *Eriocheir sinensis*

larvae[J]. *Journal of Fisheries of China*, **24**(5): 448 - 452. [陈立侨, 江洪波, 周忠良等, 2000. ω - 3HUFA 对中华绒螯蟹幼体存活率及体脂肪酸组成的影响. 水产学报, **24**(5): 448 - 452.]

Cheng Y X, Li S J, Wang G Z, 1998. The relationship between the changes of ultrastructure of hepatopancreatic cells and the nutritional status of *Scylla serrata*: I Studies on zoea I [J]. *Journal of Xiamen University* (*Natural Science*), **37**(4): 576 - 581. [成永旭, 李少菁, 王桂忠, 1998. 锯缘青蟹幼体肝胰细胞结构变化与其营养状况的关系. 厦门大学学报(自然科学版), **37**(4): 576 - 581.]

Cheng Y X, Du N S, Lai W, 2000. Ultrastructural of the hepatopancreatic R and F cells and lipid storage in the Chinese crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. *Acta Zool. Sin.*, **46**(1): 8 - 13. [成永旭, 堵南山, 赖伟, 2000. 中华绒螯蟹肝胰腺 R 和 F 细胞及其脂类储存的电镜研究[J]. 动物学报, **46**(1): 8 - 13.]

Du N S, Chen B L, Lai W, 1992. Morphogenesis of larval digestive system in *Eriocheir sinensis* (Crustacea, Decapoda) [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, **23**(1): 79 - 82. [堵南山, 陈炳良, 赖 伟, 1992. 中华绒螯蟹幼体消化系统发育的研究. 海洋与湖沼, **23**(1): 79 - 82.]

Gibson R, Barker P L, 1979. The Decapoda hepatopancreas [J]. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, **17**: 285 - 346.

Li F H, Li S J, 1998. Studies on the hepatopancreas of larval *Scylla serrata*[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, **29**(1): 29 - 34. [李富花, 李少菁, 1998. 锯缘青蟹幼体肝胰腺的观察研究. 海洋与湖沼, **29**(1): 29 - 34.]

Li T W. 1996. Studies on structure of hepatopancreas in *Portunus trituberculatus* [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 27(5): 471 - 475. [李太武, 1996. 三疣梭子蟹肝脏的结构研究. 海洋与湖沼, **27**(5): 471 - 475.]

Lozzi R F, 1971. Interpretation of crayfish hepatopancreas function based on fine structural analysis of epithelial cell lines and muscle network [J]. *Z. Zellforsch.*, **113**: 120 - 440.

Mikami S, Greenwood J G, 1994. Functional morphology and cytology of the phyllosomal digestive system of *Ibacus ciliatus* and *Panulirus japonicus* (Decapoda, Scyllaridae and Palinuridae)[J]. *Crustaceana*, **67**(2): 212 - 225.

Qiu G F, 1997. Ultrastructural studies on the cells of midgut gland in the *Macrobrachium nipponense* [J]. *Journal of Fisheries of China*, **21**(3): 233 - 239. [邱高峰, 1997. 日本沼虾中肠腺细胞的超微结构研究. 水产学报, **21**(3): 233 - 239.]

Stauner J D, Woodhouse M A, Griffin R L, 1968. The fine structure of the hepatopancreas of *Carcinus maenus* [J]. *Crustaceana*, **14**: 56 - 66.

Storch V, Juario J V, Pascual F, 1984. Early effects of nutritional stress on the liver of milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal), and on the tiger prawn, *Penaeus monodon* (Fabricius) [J]. *Aquaculture*, **136**: 229 - 236.

Vogt G, Storch V, Quinito E T *et al*, 1985. Midgut gland as monitor organ for the nutritional value of diet in *Penaeus monodon* [J]. *Aquaculture*, **48**: 1 - 12.

Wang Q L, 1994. A study of the histology of the digestive system of *Eriocheir sinensis* [J]. *Journal of Chongqing Teachers College* (*Natural Science Edition*), **11**(4): 66 - 72. [王巧伶, 1994. 中华绒螯蟹消化系统的组织学研究. 重庆师范学院学报(自然科学版), **11**(4): 66 - 72.]

Effects of Lipid Nutrition on Hepatopancreatic Ultrastructure of *Eriocheir sinensis* Larvae (Crustacea: Decapoda)

JIANG Hong-Bo CHEN Li-Qiao① ZHOU Zhong-Liang WEN Xiao-Bo

(*Department of Biology, East China Normal University, Shanghai* 200062, *China*)

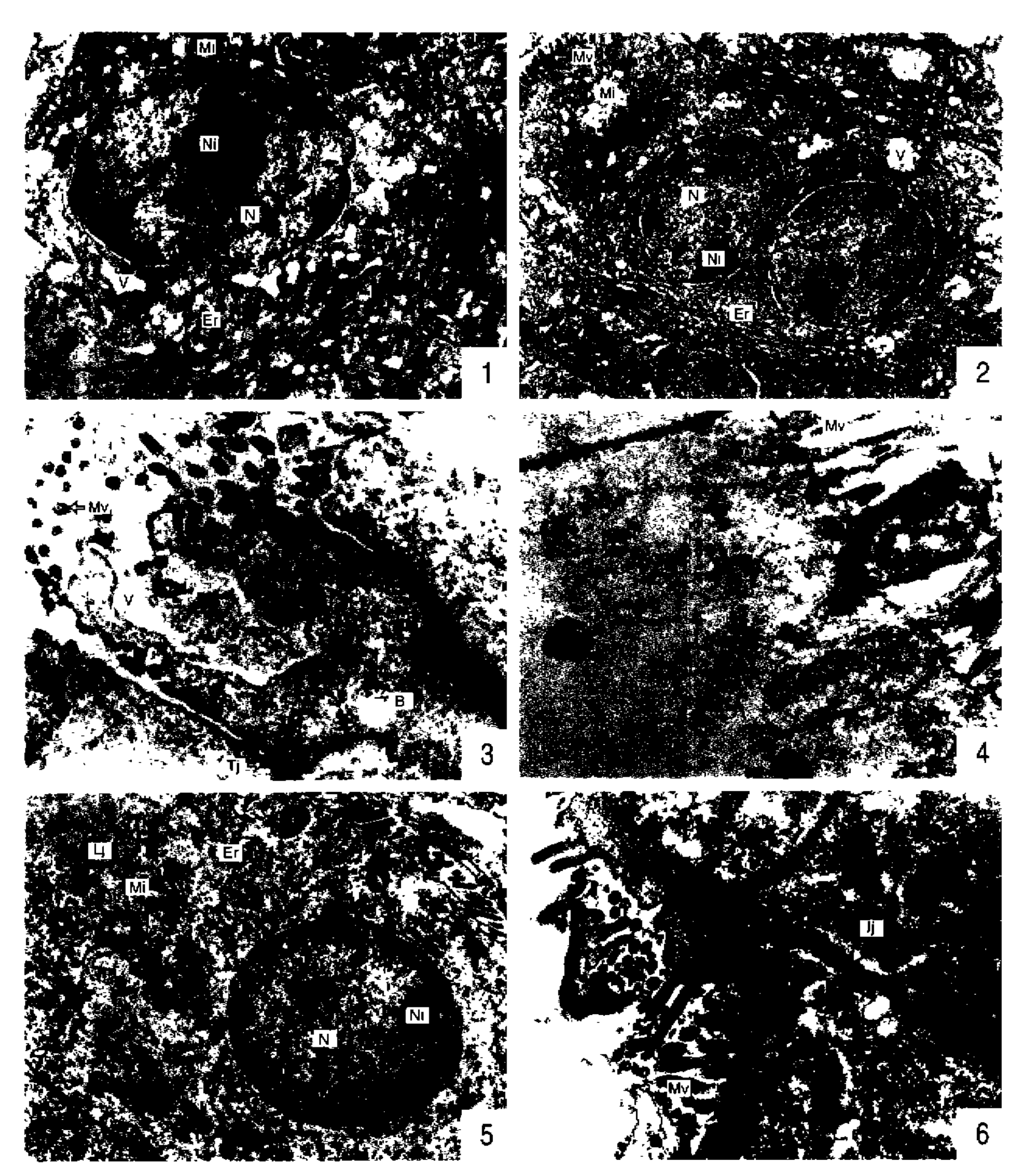
Abstract: From March to July of 1998 *Eriocheir sinensis* larvae were cultured by feeding with rotifers treated with lipid enrichment 50 DE-G at early zoeal developmental stages and with *Artemia* nauplii at postlarval developmental stages. The hepatopancreatic ultrastructure of the larvae was observed through transmission electronic microscopy. The results show: ① the hepatopancreatic length increase with the larval development, and the cells of hepatopancreas consist of four types, which are embryo cell (E cell), resorptive cell (R cell), fibrillar cell (F cell) and secretory cell (B cell) respectively; ② E cells are stem cells that can be differentiated into other three types of cells; ③ B cells have 1 to 2 large vacuoles and numerous rough endoplasmic reticulum (Rer); ④ R cells store some nutrients such as lipid droplets for the larval development and have some vacuoles, large quantity of smooth endoplasmic reticulum (Ser) and free ribosomes, and many mitochondria with high electron density matrix and plenty of ridges can be observed in R cells; ⑤ F cells have plenty of zymogen granules near the apical cells; ⑥ compared with hepatopancreatic ultrastructure of the larvae fed with rotifers cultured by baker's yeast, significant difference can be observed in R cells. After enriched by lipid nutrients, R cells have more lipid droplets, and structural changes of mitochondria can be seen. The results indicate that ultrastructural changes in R cells of hepatopancreas could reflect the nutritional status of the larvae.

Key words: *Eriocheir sinensis* larvae; Hepatopancreas; Ultrastructure; Nutritional status

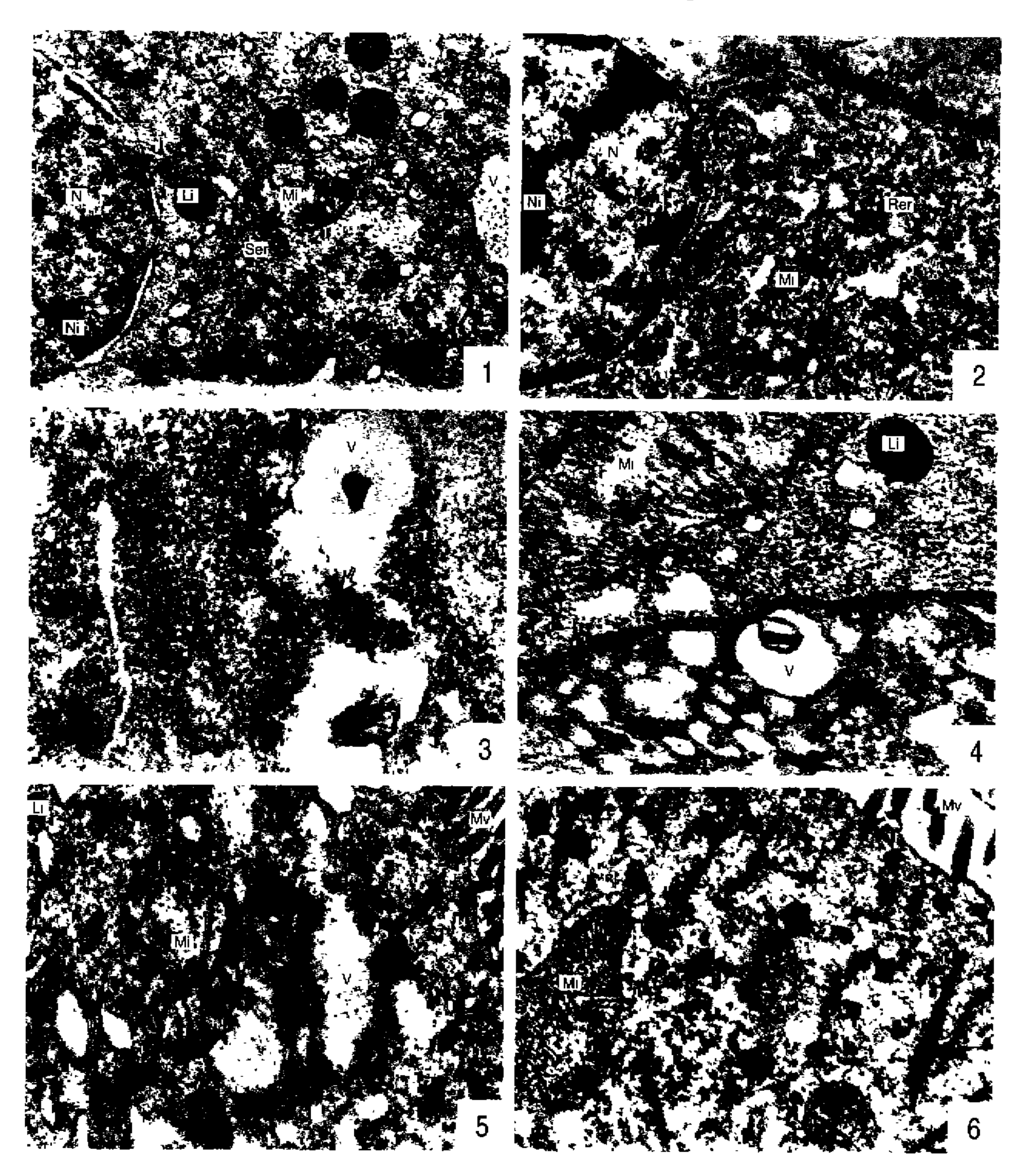
① Correspondence author

江洪波等：脂质营养对中华绒螯蟹幼体肝胰腺超微结构的影响　　图版 I

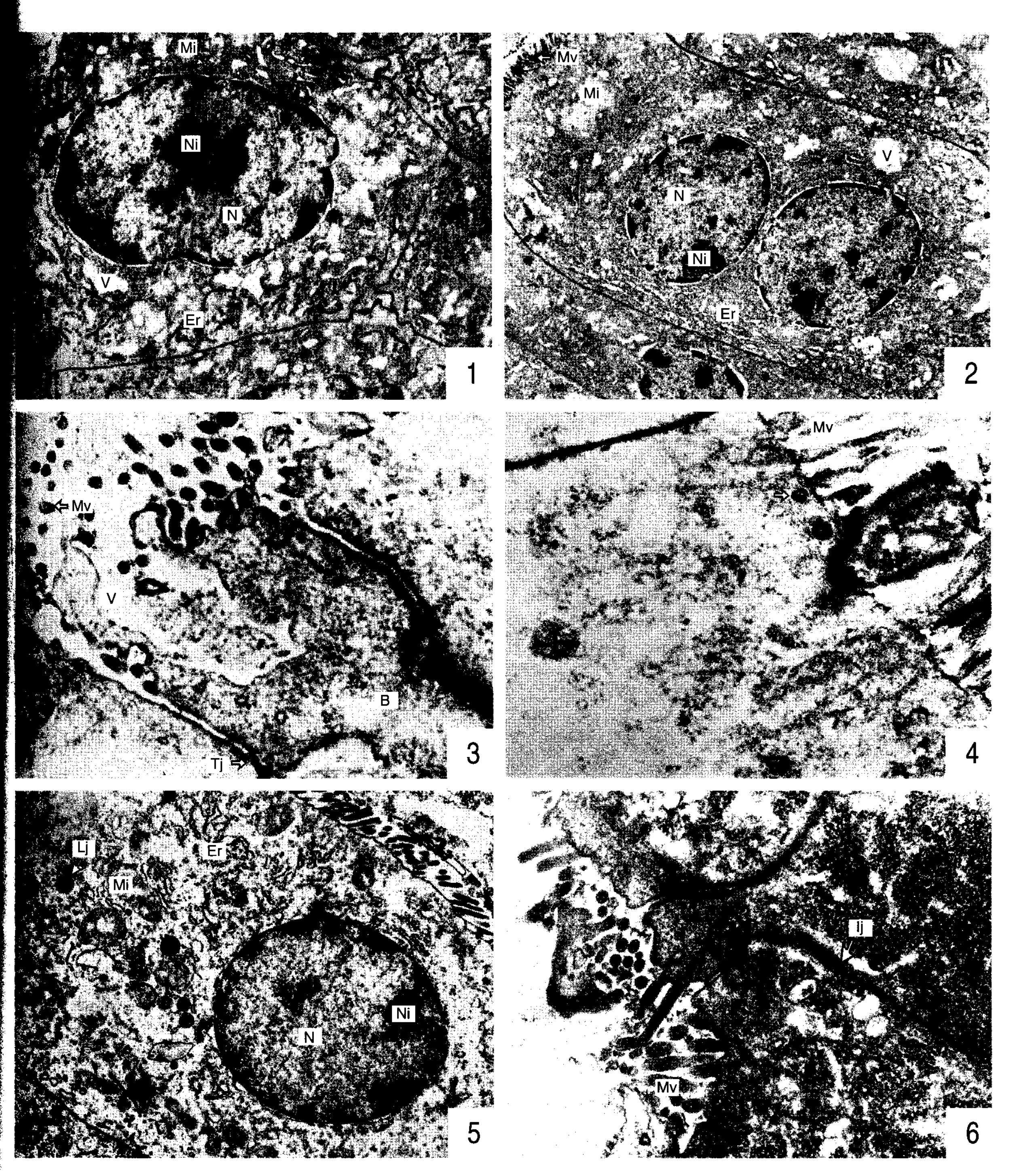
JIANG Hong-Bo *et al.*: Effects of Lipid Nutrition on Hepatopancreatic Ultrastructure of *Eriocheir sinensis* larvae (Crustacea: Decapoda)　　Plate I



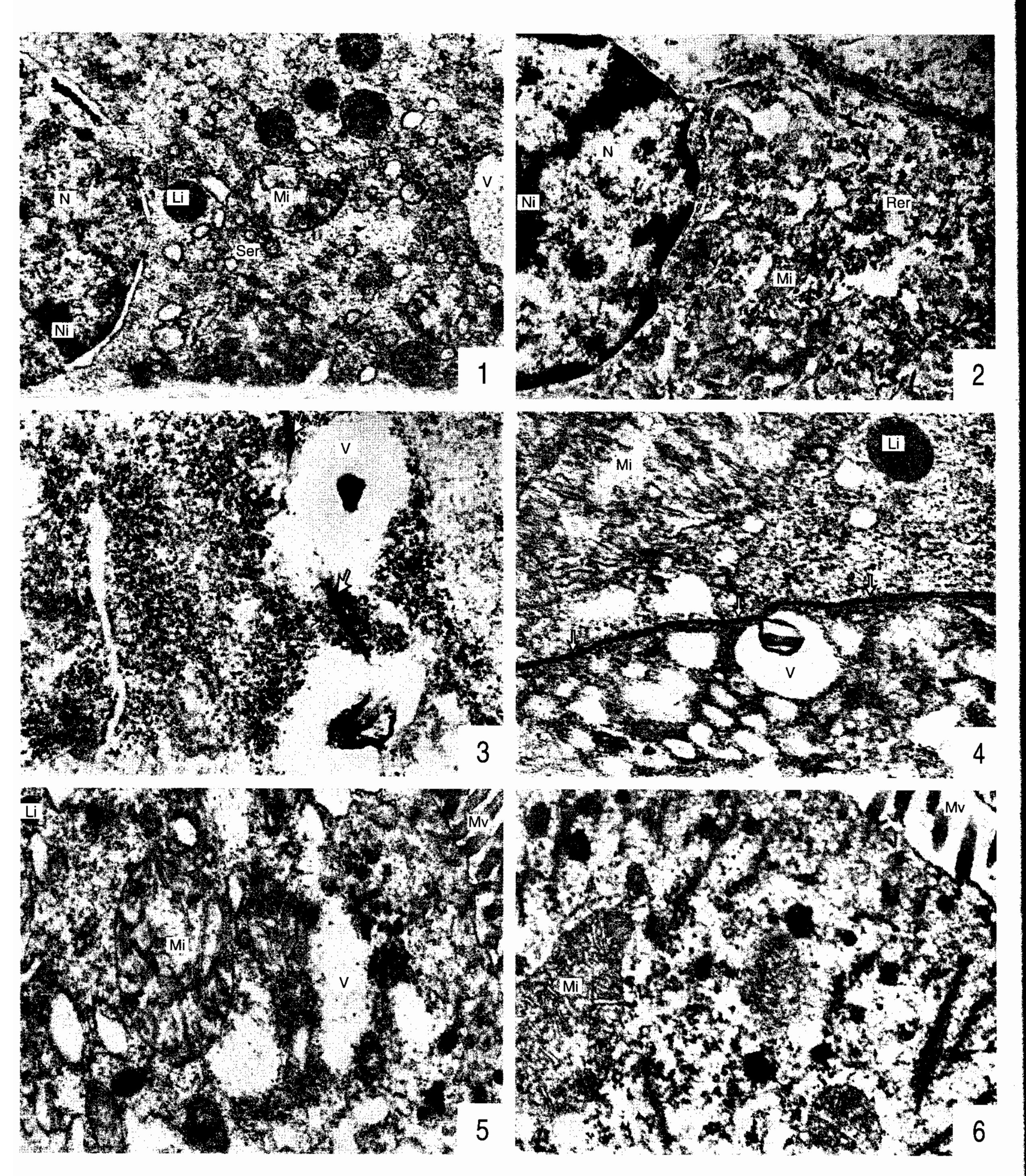
图版说明在正文内（explanation in the text）



图版说明在正文内 (explanation in the text)



图版说明在正文内（explanation in the text）



图版说明在正文内 (explanation in the text)